

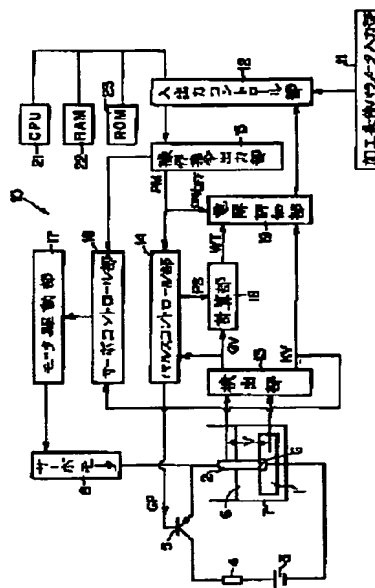
(43) Date of publication of application: 20.09.94

(72) Inventor. ITO SHINJI
ARAYA ICHIRO
SHU KOJI

(57) Abstract:

CONSTITUTION: Whether a characteristic part of the last stage electrolytic condition appears or not is discriminated by an evaluating part 19, and in the case of performing servo control in a machining condition different from a spark discharge, a servo reference value capable of obtaining a machining gap length such as enabled to generate the spark discharge is given by a servo control part 16.

COPYRIGHT: (C)1994, JPO&Japio



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-262435

(43)公開日 平成6年(1994)9月20日

(51) Int.Cl.⁵

B 2 3 H 1/02

識別記号

室内整理番号

D 9239-3C

F 9239-3C

FI

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 2 書面 (全 8 頁)

(21)出願番号 特願平5-87749

(22)出願日 平成5年(1993)3月9日

(71)出願人 000132725

株式会社ソディック

神奈川県横浜市港北区新横浜1丁目5番1号

(72)発明者 伊東 慎治

福井県坂井郡坂井町長屋78番地 株式会社
ソディック福井工場内

(72) 発明者 新家 一朗

福井県坂井郡坂井町長屋78番地 株式会社
ソディック福井工場内

(72)發明者 朱 鴻治

福井県坂井郡坂井町長屋78番地 株式会社
ソディック福井工場内

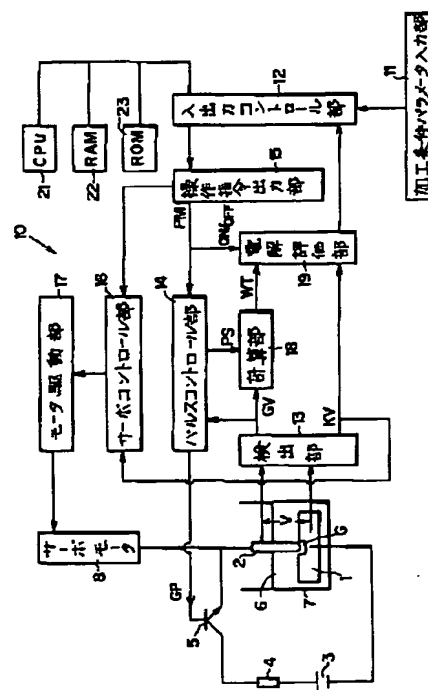
(74)代理人 弁理士 高野 昌俊

(54)【発明の名称】 放電加工方法及び装置

(57) 【要約】

【目的】 水系加工液で放電加工する際に、加工間隙のインピーダンスが低下し、サーボ基準電圧が不適切なものとなることによる、加工効率の低下を解決すること。

【構成】 評価部（１９）によって末期的電解状態の特徴的な部分が現れているか否かを判別し、火花放電とは異なる加工状態でサーボ制御が行なわれている場合には、サーボコントロール部（１６）によって、火花放電の発生が可能となるような加工間隙長を得ることができるサーボ基準値を与える。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 水系加工液を用いて被加工物を放電加工する放電加工方法において、
上記被加工物と電極との間の放電加工間隙に生じる加工間隙電圧にตอบสนองし無負荷待機時間と所定時間内の間隙電圧を検出する検出工程と、
前記検出工程にて得られた検出結果に基づき無負荷待機中の電圧のレベルを判断する工程と、
前記間隙電圧の検出結果から所定時間内における放電電圧より高い電圧の発生率を求める工程と、
前記無負荷待機時間が所定値以下でかつ放電電圧より高い加工電圧の発生率から電解状態を判断する工程と、
前記電解状態が所定時間以上継続した際には加工間隙長を放電が発生する間隙長に変更制御する工程とを有する放電加工方法。

【請求項2】 水系加工液を用いて被加工物を形彫放電加工するための放電加工装置において、
前記被加工物と加工用電極との間の放電加工間隙に生じる加工間隙電圧にตอบสนองし放電待機時間及び所定時間内の間隙平均電圧を検出する検出部と、
該間隙平均電圧と所要の加工パラメータとに基づいて平均加工電圧を計算する第1計算手段と、
前記放電待機時間から平均放電待機時間を計算する第2計算手段と、
前記平均加工電圧と前記平均放電待機時間とに基づいて前記放電加工間隙における前記水系加工液の電解状態を評価する評価手段と、
前記被加工物と前記加工用電極との間の相対サーボ送り制御のためのサーボ基準電圧を該評価手段における評価結果に従って調節するための調節手段とを備えたことを特徴とする放電加工装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、水又は水をベースとした所謂水系加工液を用いて被加工物を放電形彫り加工する形彫り放電加工方法及び装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 形彫り放電加工装置によって被加工物を水系加工液を用いて放電加工する際、加工間隙にタールが生じやすいことが知られている。このタールは導電性を有するため、一般に、タールが蓄積されるに従って加工間隙のインピーダンスが局部的に低下する現象が生じ、これにより電解電流又はアーク電流が流れるようになると、加工速度が低下したり被加工物の加工表面が変質するという問題が生じる。

【0003】 特に、仕上げ加工領域等の如く、小さな加工電流で加工を行なう加工条件の下では、電源の電流制限抵抗値の値を大きく設定するため、電源の内部インピーダンスが大きくなり、タルの蓄積や加工液の電離（比抵抗の低下）により放電加工間隙のインピーダンス

が低下すると、加工間隙に印加される電圧のレベルが小さくなり、サーボ基準電圧値より小さくなるという現象が生じ易い傾向を有している。さらに、連続的に電解電流が流れ始めると、電解電圧波形は正常な放電電圧波形より高く加工電圧の平均値が上がり、サーボ制御用の検出手段が間隙電圧を正常加工状態と判断し放電が行なわれていないにもかかわらずサーボ制御を続けてしまう。このように、小さな加工電流で加工を行なうような加工領域にあっては、結局、加工間隙におけるインピーダンスの低下によりサーボ基準電圧が不適切なものとなってしまい、これにより、加工が進行しなくなり、仕上げ面を得ることができなくなるという特有の問題を有している。

【0004】 したがって、この種の問題を解決するためには、極間に生じたタールあるいはイオンを除去する必要がある。このため、例えば特開平4-101722号公報には、加工パルス電圧を印加する毎に放電加工間隙のインピーダンス状態を検出し、この検出結果に従って加工電圧の極性を切り換えることにより、長時間に亘って安定な放電状態を確保するようにした構成が開示されている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 しかし、この従来技術によると、加工パルス電圧の印加毎に加工間隙のインピーダンス状態を検出してその都度加工間隙における加工液の電解状態を判別する構成のため、加工電圧の極性の切り換えが頻繁に生じてしまい、かえって加工速度が低下してしまうという不具合を生じるほか、小さな加工電流を用いる条件においては、上述の理由により、極性を切り換えても加工が進行しなくなり、電解状態に陥ってしまう場合も生じるなどの問題点を有している。

【0006】 このことを、水系加工液を用いて放電加工を行なった際に加工間隙に現れる種々の加工電圧の波形を特徴的に図示してある図5を参照しながら説明する。

【0007】 図5の(a)は、無負荷待機時間が様々なに変化する状態と無負荷待機時間が無いが火花放電は起こっている（右から2番目の波形）ことを示している。火花放電は30V程度を示している。また、平均間隙電圧とサーボ基準電圧も適正な状態となっており継続的に放電加工が行なわれている。

【0008】 図5の(b)は、加工間隙において火花放電と電解とが起こった場合の電圧波形が示されている。この場合には、火花放電の開始前に現れる無負荷待機時間がほとんど現れておらず、極間にタールが生成され始めているか間隙の比抵抗値が下がった状態に現れる電圧波形である。この状態では、加工間隙の平均電圧とサーボ基準電圧との比較によってサーボ制御がまだ可能な範囲にある。この状態を回避するためには従来技術の両極性パルスを供給することにより加工を続行させることができる。

【0009】図5の(c)は、さらにタール等の発生が進み極間の比抵抗値も下がった状態を示し、もはや放電が発生せず、電極からの漏洩電流(左端の波形)と電解電流とが流れ始めていることを示す、火花放電電圧より高い電圧波形が見られるようになる。

【0010】この状態になると間隙平均電圧とサーボ基準電圧とが一致した状態となり火花放電が発生していないにもかかわらず、サーボ制御系においては最適な加工状態にあると判断されてしまい、この状態から回避できなくなる。また、このような極間状態では電源内の内部電流制限抵抗と間隙の比抵抗値とで供給電圧が分圧されてしまい間隙に放電を生じさせるのに十分な電圧が加工間隙に印加されなくなり、さらに、分圧された電圧値がサーボ基準電圧値と一致してしまうと加工自体が行なわれなくなってしまう。

【0011】図5から判るように、従来のサーボ検出装置では(a)、(b)、(c)の状態を区別することができず、サーボ制御がそのまま行なわれてしまい、したがって、上述の不具合を生じるものである。

【0012】本発明の目的は、したがって、従来技術における上述の問題点を解決することができる、改善された放電加工方法及び装置を提供することにある。

【0013】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するため、図5に示した種々の状態に応じたサーボ制御を行なう必要がある。そこで、本発明では、末期的電解状態の特徴的な部分に着目し、火花放電とは異なる加工状態でサーボ制御が行なわれている場合には、火花放電の発生が可能となるような加工間隙長を得ることができるように、サーボ基準値を変更するようにしたものである。

【0014】この技術的思想に基づく本発明の方法の特徴は、水系加工液を用いて被加工物を放電加工する放電加工方法において、上記被加工物と電極との間の放電加工間隙に生じる加工間隙電圧に応答し無負荷待機時間と所定時間内の間隙電圧を検出する検出工程と、前記検出工程にて得られた検出結果に基づき無負荷待機中の電圧のレベルを判断する工程と、前記間隙電圧の検出結果から所定時間内における放電電圧より高い電圧の発生率を求める工程と、前記無負荷待機時間が所定値以下でかつ放電電圧より高い加工電圧の発生率から電解状態を判断する工程と、前記電解状態が所定時間以上継続した際には加工間隙長を放電が発生する間隙長に変更制御する工程とを有する点にある。

【0015】一方、本発明の装置の特徴は、水系加工液を用いて被加工物を形彫放電加工するための放電加工装置において、上記被加工物と加工用電極との間の放電加工間隙に生じる加工間隙電圧に応答し放電待機時間及び所定時間内の間隙平均電圧を検出する検出部と、該間隙平均電圧と所要の加工パラメータとに基づいて平均加工電圧を計算する第1計算手段と、上記放電待機時間から

平均放電待機時間を計算する第2計算手段と、上記平均加工電圧と上記平均放電待機時間とに基づいて上記放電加工間隙における上記水系加工液の電解状態を評価する評価手段と、上記被加工物と上記加工用電極との間の相対サーボ送り制御のためのサーボ基準電圧を該評価手段における評価結果に従って調節するための調節手段とを備えた点にある。

【0016】

【作用】加工間隙電圧から放電待機時間及び間隙平均電圧が検出され、平均加工電圧と平均放電待機電圧とが計算される。この計算結果に基づいて放電加工間隙における水系加工液の電解状態が評価される。加工用電極の相対サーボ送り制御のためのサーボ基準電圧がその評価結果に従って調節され、電解状態に応じた適切なサーボ送りが行なわれる。

【0017】

【実施例】以下、図面を参照して、本発明の一実施例につき詳細に説明する。

【0018】図1は本発明による形彫放電加工装置の一実施例を示す構成図である。図1において、1は被加工物、2は加工用電極、3は直流電源、4は電源制限抵抗器、5はスイッチングトランジスタで、後述の如くしてスイッチングトランジスタ5がオン、オフ制御されることにより被加工物1と加工用電極2との間の放電加工間隙Gに加工用パルス電圧が印加される。被加工物1は水系加工液6が満たされている加工タンク7内に配置されており、加工用電極2と被加工物1との間には、水系加工液6を介して加工用の火花放電が発生する構成となっている。

【0019】加工用電極2の送りと与えるサーボモータ8の送り動作及びスイッチングトランジスタ5のオン、オフ動作を制御し、水系加工液6を介して放電加工間隙Gに発生せしめられる火花放電を制御するため、総体的に符号10で示される制御部が設けられている。

【0020】制御部10において、11は加工条件パラメータを入力する加工条件パラメータ入力部、12はCPU21、処理手順、データ等を記憶するRAM22、ROM23及び入出力を制御する入出力コントロール部、13は被加工物1と加工用電極2との間に生じる電圧に応答し放電加工間隙Gに生じる加工間隙電圧及び平均加工電圧を検出する検出部、14は加工条件パラメータの入力に基づいて放電パルスを制御し出力するパルスコントロール部、15は後述するようにして得られる電解評価結果、加工条件パラメータ等を出力する操作指令出力部、16は被加工物1と加工用電極2との間の相対サーボ送り制御をするサーボコントロール部、17はサーボコントロール部16からの信号によりサーボモータを駆動するモータ駆動部であり、被加工物1と加工用電極2との間の相対サーボ送りがサーボモータ8により行なわれる。

【0021】検出部13において検出された加工間隙電圧を示すデータGVとパルスコントロール部14より与えられる放電パルス信号PSとから平均放電待機時間が計算部18において計算される。操作指令出力部15から出力される加工条件パラメータPMの内容と検出部13によって検出された平均加工電圧を示すデータKVと計算部18において計算された平均放電待機時間を示すデータWTとは、加工間隙Gにおける水系加工液6の電解状態を評価する電解評価部19に与えられている。

【0022】検出部13は所定時間（例えば10msec）内の加工間隙電圧と平均加工電圧を検出するための回路を有している。計算部18では、パルスコントロール部14より与えられる放電パルス信号PSから、所与のサンプリング周期（例えば10msec）内におけるスイッチングトランジスタ5に対するゲートパルス数、及び検出部13からの加工間隙電圧を示すデータGVから放電待機時間の積算数をカウントするカウンタを有し、放電待機時間の積算数のカウンタ値からサンプリング周期内の放電待機時間の総和を求め、ゲートパルス数で除算し平均放電待機時間が算出される。

【0023】このことを図2に示す波形図に従って説明する。(a)はパルスコントロール部14からスイッチングトランジスタ5に与えられるゲートパルスGPの波形、(b)はゲートパルスGPにตอบสนองしてオン、オフされるスイッチングトランジスタ5により加工間隙Gに与えられる加工用パルス電圧により生じる間隙電圧Vの波形である。ここで、 τ_w は待機時間、 τ_{on} は放電時間、 τ_{off} は加工用パルスの印加停止時間を夫々示している。(c)は τ_{on} の期間だけ高レベルとなる放電期間信号ALの波形で、この放電期間信号ALは検出部13において作られる。(d)は制御部10に設けられている図示しない基準パルス発生器からの基準クロックCLの波形であり、(e)は計算部18において基準クロックCLを基に作られるサンプリングパルスSPの波形、(f)は、ゲートパルスGP、放電期間信号AL、及び基準クロックCLにตอบสนองし、各待機時間に相応する基準クロックパルスを有している待機時間積算用パルスAPの波形である。

【0024】待機時間積算用パルスAPは、例えば、図3に示すゲート回路を用いることにより容易に得ることができる。このようにして得られた待機時間積算用パルスAPを、サンプリングパルスSPにより規定される1*

$$VM = [F \times D - B \times C \times E - C \times \{F - E \times (A + B)\}] / (A \times E)$$

... (2)

で示される。上式より求めた平均電解電圧VMを所定電圧（例えば50V）と比較し、VMが所定電圧以上ならば電解状態と判断する。

【0030】但しサンプリング時間F内における1パルスごとの時間A内の電解電圧をサンプリングする回路と、前記サンプリング時間F内におけるサンプリングデ

*サンプリング周期STの時間だけカウントすることにより、1サンプリング周期における待機時間の総和に応じたデータを得ることができる。

【0025】図2の例で、例えば基準クロックの周波数が1MHzであるとする、1サンプリング周期内でのゲート数が3であり、放電待機時間の総和が6(μsec)であるから、平均放電待機時間を示すデータTWの内容は $6/3=2$ (μsec)となる。

【0026】電解評価部19には、検出部13から平均加工電圧を示すデータKV、計算部19から平均放電待機時間を示すデータTW、加工条件パラメータ入力部11に入力されたスイッチングトランジスタ5のオン時間ON及びオフ時間OFF（図2参照）の設定のためのデータON/OFFが入出力コントロール部12及び操作指令出力部15を介して入力されている。電解評価部19ではこれらの入力データに基づいて電解評価、すなわち、加工間隙Gにおいて生じている電解の度合いの評価を行なう。

【0027】本実施例では、電解評価は3段階で行ない、まず第1手段として電解波形の特徴である放電待機時間 τ_w が所定値以下の状態であるか否かを判断する。このため、計算部18で算出した平均放電待機時間を所定時間と比較し、所定時間以下ならば放電待機時間なしと判断され、したがってこの場合には電解波形と判断される。但しこの所定時間は、次に述べる第2段階での評価に誤差が生じない程度の時間に設定される。

【0028】本実施例では、この所定時間は1μsecに定められており、したがって、

$$TW > 1 (\mu sec) \quad \dots (1)$$

か否かの判別が第1段階の判別として適宜の手段で実行される。

【0029】第1段階で電解波形であると判断された場合、次に第2段階として、電解状態のもう1つの特徴である、「電解電圧が放電電圧よりも高い」という事実に基づいてその時の状態が電解状態であるか否かを判断する。このため、設定されたON時間A、設定されたOFF時間B、休止時間中の間隙電圧C（実際に電解状態に陥った時の電圧を調査してその値を使用する）、サンプリング周期TS内の平均加工電圧D、サンプリング周期TS内のゲートパルス数E、サンプリング時間TSをFとすると、平均電解電圧VMは、

ータの総和を求めることにより平均電解電圧VMを算出する計算手段とを有している場合には、VMの値は、サンプリング時間F内におけるサンプリングデータの総和を時間F内におけるサンプリング数で除した値として求めることができる。

【0031】最後に、電解評価の第1段階、第2段階の

結果より、電解状態が一定時間（例えば30sec）内に発生する割合を求め、末期的電解状態か否かを評価する。このため、一定時間（例えば30sec）内に第1段階で電解波形でないと判断された回数をXn、前記*

$$Zn / (Xn + Yn + Zn) \geq 0.7 \quad \dots (3)$$

により末期的電解状態であるか否かを判別する。

【0032】この結果、極間の状態が末期的電解状態（例えば一例として一定時間内の電解状態の割合が70%以上の場合）と評価されると極間の相対サーボ送りの異常と判断され、入出力コントロール部12を介して操作指令出力部15からサーボコントロール部16にサーボ基準電圧を調節する信号が出力される。その信号に従いモータ駆動部17からの出力によりサーボモータ8を駆動して極間の相対サーボ送り制御のためのサーボ基準電圧を調節し加工を持続させる。

【0033】なお、例えば特開平4-101722号公報の高速極性切り換え回路を有している場合は、前記操作指令出力部15から高速極性切り換え回路の駆動信号を出力して加工を持続させてもよい。

【0034】制御部10は、図1に示した構成のほか、その一部をマイクロコンピュータシステムによって置き換えて構成することができる。図4には、制御部10の一部を公知のマイクロコンピュータシステムに置き換えた場合における、その一部の動作をまかなうための制御プログラムのフローチャートが示されている。

【0035】以下、このフローチャートについて説明する。プログラムのスタートは、ステップ31でサンプリングが開始され、ステップ32、33で、間隙電圧及び※

$$Cn / (An + Bn + Cn) \geq 0.7 \quad \dots (4)$$

か否かの判別が行なわれる。すなわち、電解波形の数が全体の70%以上になったか否かが判別される。この判別結果がYESとなると、ステップ47に入り、サーボ基準電圧をより低くし、電解状態から放電状態への移行を図ることになる。一方、ステップ46の判別結果がNOであると、ステップ48でサーボ基準電圧をサーボコントロール部16で計算された設定値のままとし、このプログラムの実行が終了する。このように、本発明では、電解現象あるいはタール発生等により間隙比抵抗値が低下した場合、サーボ基準電圧値を5から10V下げることにより、加工間隙長を放電が発生する値に変更させて、加工を持続させることができる。

【0039】

【発明の効果】本発明によれば、末期的電解状態の特徴的な部分に着目し、火花放電とは異なる加工状態でサーボ制御が行なわれている場合には、加工間隙長を火花放電の発生が可能な値となるようにサーボ基準値を変更するようにしたので、放電加工間隙に電解電流が流れるような加工状態となった場合にも、直ちにこれを解消することができ、従来に比べ、加工能率を著しく改善することができる。

*定時間内に第2段階で電解状態でないと判断された回数をYn、及び電解状態であると判断された回数をZnとすると、下式

※放電待機時間が検出される。ステップ34ではサンプリングが10(msec)間行なわれたか否かが判別され、この判別結果がYESとなるとステップ35でサンプリングが停止される。

【0036】次のステップ36では平均的放電待機時間が計算され、ステップ37で $\tau w < 1$ か否かが判別される。 $\tau w < 1$ でなければステップ42に入り、放電波形と判別された後、放電波形の数An+Bnが計算され、ステップ44に入る。一方、 $\tau w \leq 1$ であると、ステップ38に入り、平均電解電圧VMが計算され、ステップ39でVMが50V以上であるか否かが判別される。VM<50であるとステップ42に入り、VM ≥ 50 であるとステップ40で電解波形であると判断され、ステップ41で電解波形の数Cnが計算される。

【0037】このようにして、電解又は放電波形の数が計算されると、ステップ44に入り、サンプリング積算時間が30(msec)を越えたか否かが判別される。若し越えていなければステップ45に入り、サンプリングが再開され、ステップ32、33に戻る。一方、サンプリング積算時間が30(msec)を越えていると、ステップ46に入る。

【0038】ここで、

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による放電加工装置の一実施例を示すブロック図。

【図2】図1の装置の各部の信号の波形を示す波形図。

【図3】待機時間積算用パルスを得るための回路の一例を示す回路図。

【図4】図1の制御部の一部の構成をマイクロコンピュータに置き換える場合に使用される制御プログラムを示すフローチャート。

【図5】放電加工間隙に生じる放電加工パルス波形がその時の加工間隙状態に応じてどのように変化するかを説明するための波形図。

【符号の説明】

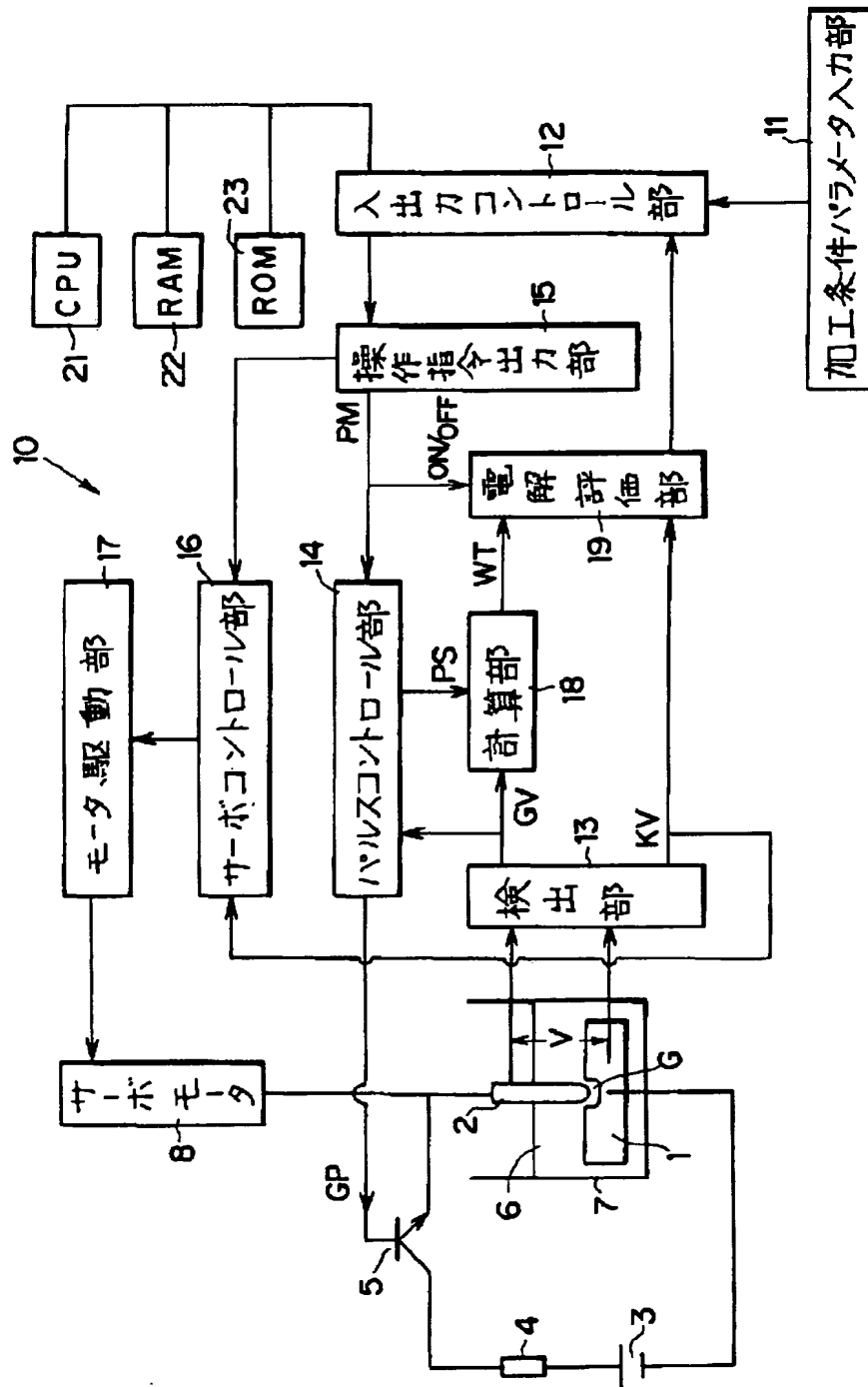
- 1 被加工物
- 2 加工用電極
- 6 水系加工液
- G 放電加工間隙
- 10 制御部
- 13 検出部
- 16 サーボコントロール部
- 18 計算部

19 電解評価部

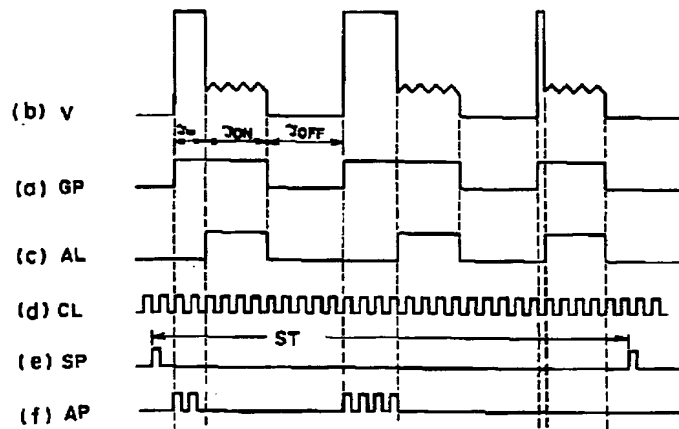
PM 加工条件パラメータ

GV、KV、WT データ

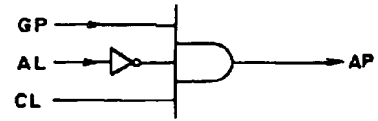
【図1】



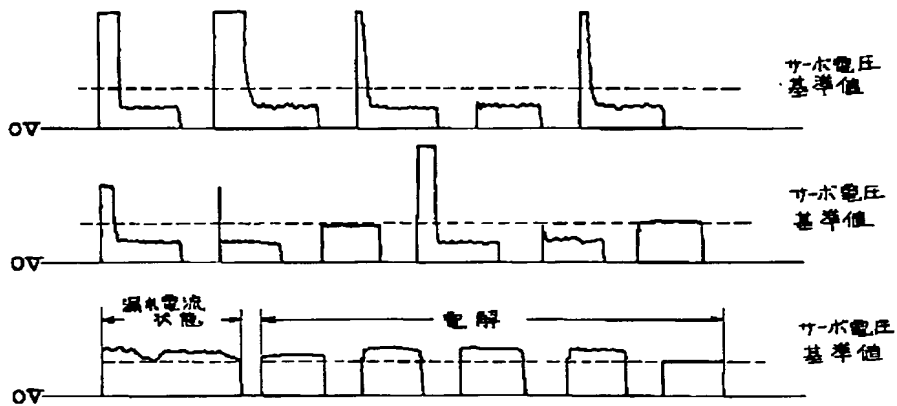
【図2】



【図3】



【図5】



【図4】

